

基于关键链方法的船舶分段制造计划系统研究

姜 华, 刘建峰

(上海外高桥造船有限公司, 上海 200137)

摘要: 船舶分段制造计划系统是一个多任务的管理系统, 周期相当长而且有着相当大的不确定性。该文建立了船舶分段制造计划系统管理框架, 运用关键链技术分析和优化了船体分段计划系统。介绍了运用关键链方法后, 对船舶分段制造采用工艺改进和管理措施改进所取得的效果, 并对关键链方法未来的发展前景进行了展望。

关键词: 关键链; 关键链项目管理; 船舶分段制造

中图分类号: U671.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1005-9962(2008)03-0034-05

Abstract: The planning system of the hull block building is a multitask system. Manufacturing period of shipbuilding is very long and has many uncertainties. In this study, the project management frame of planning system is built. Critical chain method is used to optimize the block production planning. The effect of technique modification and management method modification on hull block manufacturing is described when the critical chain method is used in production planning. The future of critical chain method in hull block planning is forecasted.

Key words: critical chain; critical chain project management; hull block manufacturing

1 引言

船舶制造是一个多专业、多工种、多种分段形式并存的复杂管理系统, 因此多船多分段生产管理也就成为提高造船工程管理的难点和重点。

在项目管理过程中, 要求项目计划与调度具有更高的可行性、稳定性和准确性。然而由于项目本身和执行环境的不确定性和复杂性, 使得许多项目在实施过程中出现如下问题: 成本超出预算; 脱期; 为了控制成本或周期, 不得不牺牲项目的规模或设计内容。关键链项目管理 (Critical Chain Project Management, CCPM) 将约束理论的管理原理应用于项目管理上, 以有限的资源与消除不良的工作行为为概念进行项目进度的规划, 并利用集中管理项目的缓冲时间的观念来保证整个项目的执行。

本文在船舶分段制造计划方面提出一个新的解决方法, 即关键链方法。对现有的分段计划系统分析后, 利用该方法对船舶分段计划系统中部分问题进行了探索和研究。

2 分段制造计划系统分析

目前, 分段制造计划将每艘船的分段制造管理

看作一个项目来进行, 因而, 同时建造多艘船的分段就表示有多个项目同时进行。当前的船舶制造技术都是按照“以中间产品为导向”的原则进行组织, 每个分段都可以看作是一个中间产品, 因此, 每个分段的制造都可以看成一个具体的项目任务。

2.1 现阶段的分段计划管理存在的问题

(1) 生产控制难度大。由于分段数量庞大, 单靠人力难以控制。如某船的分段总计 165 个, 同时在建有 5~6 艘船, 现场的分段总计约 500 多个。

(2) 关键物资到货经常延迟, 导致分段脱期。

(3) 大量使用外来工, 致使稳定性较差, 影响分段质量和周期。在每年的春节、农忙季节, 大量的劳务工返乡, 造成工人突然减少, 会严重影响生产。

(4) 前道工序影响后道工序, 分段制造计划控制困难。

2.2 分段计划管理存在问题的主要原因

(1) 级联效应。因关键分段的脱期, 常导致一艘船分段的整体脱期, 也影响到下一艘船相同关键分段脱期。其主要原因是关键物资脱期, 导致分段在制造过程中不能脱胎, 浪费了分段的胎位周期。

(2) 多任务的影响。同一资源在同一时间承担了多项任务, 数个任务轮流进行, 同时做许多任务效率会极大的降低。另一方面, 瓶颈处工作本已饱满, 因此必须排出有序优先级。如一个作业班组, 同时在 3 个胎位上制造分段, 如果分段计划不合理, 使 A 胎位上的分段脱期 5d, 在这里并不是其他胎位上的

第一作者简介: 姜华, 男, 工程师。1977 年生, 1994 年大连理工大学船舶工程专业毕业, 2007 年上海交通大学工业工程专业硕士毕业, 现从事船舶制造及技术管理工作。

分段提前 5d;相反,由于分段计划安排得不合理使得操作人员在 A 胎位上浪费了 5d 时间,这时再到 B 胎位上施工时也同时会脱期 5d,最后在 C 胎位施工分段还会脱期 5d。因此,由于人员没有固定,3 只胎位上的分段又同时很重要,这样将导致 A、B、C 3 只胎位上的分段各脱期 15d(见图 1)。

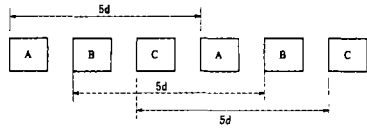


图 1 多任务

(3)行为因素。若工作允许它拖延、推迟完成的话,往往这个工作总是推迟到它能够最迟完成的那一天,很少有提前完成的。

3 CCPM 的基本思想和方法

CCPM 技术主要包含关键链协调机制、同步化机制、缓冲管理机制等三大机制。

3.1 关键链协调机制

所谓关键链就是考虑任务间可能存在的任何相依关系(资源共享或任务相依),通过资源平衡后所形成的最长路径。关键链调度过程包括任务间的共享资源的优化调配和项目关键链的确立。关键链协调的实施过程如下:

- (1)以 50% 概率可能完工时间作为每个任务的工期估计,缩短任务时间。
- (2)任务在必要时才开始,CCPM 要求非关键链工序越晚开始越好。
- (3)通过资源平衡化解资源冲突,瓶颈资源能够得到充分均衡的利用。
- (4)找出项目最长任务链,确立为关键链。在满足工艺逻辑及资源等各种项目约束条件后,将时间最长的路线作为关键链。
- (5)在关键链尾部设置项目缓冲(Project Buffer, PB),以整体的 PB 来保护项目的工期。
- (6)在非关键链到关键链的入口处设置汇流缓冲(Feeding Buffer, FB)以保护关键链。
- (7)设置资源缓冲区(Resource Buffer, RB),给资源发出预报。
- (8)采取必要的措施如增加资源或利用新工艺以改善关键链、缩短项目工期。

3.2 同步化机制

同步化机制可以减少任务间不确定因素的影响,以保证项目工期。每一个项目的任务时间由下列 3 个部分组成:

- (1)任务的准备时间;
- (2)等待共享资源的时间;
- (3)执行任务的时间。

3.3 缓冲管理机制

CCPM 是利用缓冲管理对项目整体任务进度进行监控。通过及时更新项目进度,计算缓冲消耗的情形,以此判断项目的执行情况,从而决定资源使用优先权。CCPM 不要求项目的时间计划经常改变,通过缓冲区的设定使计划有了弹性,风险得到消化吸收。CCPM 利用缓冲区设置了项目进行状况的指针。缓冲区可分为 3 部分,分别为绿色、黄色和红色。

4 利用关键链方法建立分段制造计划系统

现在的计划管理系统都不是项目管理系统,因此要采用关键链方法,就必须对现有的计划系统组织结构进行调整以适应项目管理的要求。生产管理部门设立各艘船舶的项目主管,以负责制定各船舶分段生产计划并管理其执行情况,通过反馈实施统一协调。

4.1 构造分段制造计划系统的组织结构

本文主要是针对部门一级的组织体系来研究的,因此在部一级的组织体系中应按照如下设置(如图 2):

- (1)部一级设立每艘船的项目主管,负责该船分段计划管理及其实绩反馈,一个人可以兼任一个类型几艘船的主管。
- (2)设立计划主管,负责各船项目主管的协调工作,计划主管主要协调好各船分段制造计划之间出现的问题。
- (3)由于作业区实行的是区域化的管理,因此在作业区之内也必须设置兼职的项目负责人,负责各船分段计划的执行情况,并及时反馈给各船的项目主管和作业区作业长。
- (4)每个劳务公司须设置专门的项目管理人员负责整船的各项事务。

4.2 基于关键链方法制定分段制造计划

由于船舶分段制造计划和每个作业区有相当大的联系,因此在考虑分段制造计划系统的安排上,必须根据船舶固有的特点来安排。根据关键链方法,必须经过以下 5 个步骤对现有的分段制造计划系统进行研究。

- (1)设定分段优先权。必需有各分段所有的基础数据(包括分段标准周期、标准资源配置等)。此

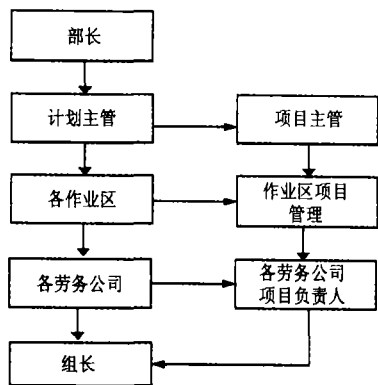


图2 项目管理流程图

外,还包括分段的中小日程计划、分段的搭载计划、分段涂装的标准周期等。先确定多分段生产计划系统的资源约束,找出影响系统目标的受到最多约束的资源。然后根据约束资源,选择最有效益的分段组合,以确定分段的优先权。

(2) 确定合理分段关键链。根据船舶分段搭载计划的进度,确定各种类型船舶分段生产计划系统中的关键链。再依照关键链管理方法设置项目缓冲和汇流缓冲。

(3) 运用分段关键链,并且按照船舶总体计划安排,对所有的分段制造进行计划控制。按照船舶总体计划的先后次序,将共享约束资源的多分段错开,避免资源冲突。通过关键链上的资源利用情况,合理选择资源利用的时间,尽量减少资源的冲突。根据关键链的资源状态分布情况,合理地设置项目缓冲、汇流缓冲,尽量减少资源的冲突。在资源冲突到来之前,提前预警,以合理利用好资源。依据各类型分段流程分析及资源的分布情况,可以进行关键链的资源分析,消除计划上的资源准备延迟及多任务的影响。

(4) 交错各分段生产计划,通过对缓冲区管理,对分段制造计划进行监控。在前后的两型船舶中的约束资源间加入产能缓冲(Capacity Buffer, CB),以平衡总体分段生产计划。通过控制分段的计划进程,确定各缓冲的消耗情况。在资源发生冲突时,根据多分段生产计划系统的关键链中各个分段的完成情况与缓冲消耗的程度比值的大小来确定资源使用权,其中最小值将获使用权。

(5) 监视资源使用情况,及时平衡。通过资源的分配,可以发现多分段生产计划系统中的瓶颈时间,这时可以提前提出补充和调整措施以确保计划的按期完成。

4.3 利用关键链优化分段制造计划系统

作为实例,将平台大组立作业区部分双层底分

段制造计划,利用关键链方法进行优化。这部分双层底共12只分段,作业区域都是相同的,均在平台大组立作业区的平台区域。先假设预舾装周期及涂装周期都是固定的,这里资源因素就是分段胎位。

(1) 建立初始计划。根据现有船舶分段制造计划,从中选取部分双层底分段的数据(见表1)。胎位周期涉及到的项目分解结构主要是外板片段上胎、内底片段翻身、装配大组、焊接大组、脱胎;报验周期涉及到的项目分解结构主要是分段、铁舾件装配、分段、铁舾件焊接、修补打磨、对外交验。胎位周期、报验周期与标准周期之间有相当大的脱期,原因是多方面的,最重要的是没有考虑到胎位的使用情况,造成资源负载过大。从表1可知资源不均衡是一个很大的问题,分段制造计划安排相当不合理。

(2) 平衡资源负荷。脱期时间是确立汇流缓冲及项目缓冲的重要指标。现在的瓶颈资源是胎位资源,因此分析表1中的各分段的胎位占用时间、同时使用的胎架数及时间,从中可以看出最多的使用胎位情况为9月6日和9月7日,每天要占用5只胎位;最少的为9月11日到9月13日,不使用胎位。这样就造成胎位使用极其不均衡。这里首先根据标准胎位周期以及标准报验周期,对胎位资源进行负荷平衡化,表2所列为12个分段各自的周期。所有分段的关键路线分析情况如表3所示。从最迟开工时间和优先次序确定分段的胎位资源负载平衡如表4所示。经过资源平衡以后,胎位周期为26d,最少需要2个胎架。根据搭载顺序以及现有各分段的周期来看,采取3个胎位是最合理的。

(3) 确定关键链。由于部分双层底分段最早开工时间都是相同的,因此在胎位资源平衡条件下,不可能做到所有的分段同时开工、同时上胎。在分段搭载需求条件下,平衡了12个双层底分段的胎位周期,同时也确定了现有的关键链,如图3所示。可以看出,最先开始的分段还是232分段。关键链上的分段都是胎位比较紧凑,在236这个区域时可能会出现3个胎位的最极端的情况,这就需要插入现有的缓冲机制,在合理的缓冲机制下可以确定3个胎位具体的时间区域,合理地安排生产。

(4) 确定缓冲点。从关键链来看,项目缓冲设立在两个地方:第一个在236分段的前面为PB1,第二个在关键链的最后面PB2。两个缓冲有利于安排好现有的分段胎位。汇流缓冲设立在各个非关键链的路径上,在235、221、226后面可以设立FB1、FB2、FB3。缓冲插入点如图4所示。

表 1 H10xx 船部分双层底分段计划情况

d

序号	船号	分段号	开工日期	胎位周期	标准胎位周期	脱胎日期	报验周期	标准报验周期	交验日期	预舾装周期
1	H10xx	221	8 月 24 日	3	3	8 月 26 日	14	7	9 月 9 日	2
2	H10xx	222	8 月 26 日	9	4	9 月 3 日	16	10	9 月 19 日	2
3	H10xx	223	9 月 3 日	5	4	9 月 7 日	9	4	9 月 16 日	2
4	H10xx	224	9 月 5 日	4	4	9 月 8 日	6	4	9 月 14 日	0
5	H10xx	225	9 月 14 日	6	4	9 月 19 日	4	4	9 月 23 日	2
6	H10xx	226	9 月 14 日	5	4	9 月 18 日	5	4	9 月 23 日	2
7	H10xx	231	8 月 24 日	4	4	8 月 27 日	13	8	9 月 9 日	6
8	H10xx	232	9 月 3 日	7	5	9 月 9 日	14	12	9 月 23 日	6
9	H10xx	233	9 月 6 日	5	5	9 月 10 日	11	7	9 月 21 日	6
10	H10xx	234	9 月 6 日	5	5	9 月 10 日	10	6	9 月 20 日	5
11	H10xx	235	9 月 16 日	7	5	9 月 22 日	8	7	9 月 30 日	6
12	H10xx	236	9 月 15 日	5	5	9 月 19 日	4	7	9 月 23 日	6

表 2 分段标准周期

d

序号	船号	分段号	标准胎位周期	标准报验周期	预舾装周期	涂装周期	总组需求日期
1	H10xx	221	3	7	2	10	0
2	H10xx	222	4	10	2	10	2
3	H10xx	223	4	4	2	10	4
4	H10xx	224	4	4	0	10	6
5	H10xx	225	4	4	2	10	8
6	H10xx	226	4	4	2	10	10
7	H10xx	231	4	8	6	12	0
8	H10xx	232	5	12	6	12	2
9	H10xx	233	5	7	6	12	4
10	H10xx	234	5	6	5	12	6
11	H10xx	235	5	7	6	12	8
12	H10xx	236	5	7	6	12	10

表 3 分段关键路线分析表

d

序号	船号	分段号	ES	EF	LS	LF	ST	优先次序
1	H10xx	221	0	22	28	50	28	5
2	H10xx	222	0	26	26	52	26	4
3	H10xx	223	0	20	34	54	34	7
4	H10xx	224	0	18	38	56	38	8
5	H10xx	225	0	20	38	58	38	8
6	H10xx	226	0	20	40	60	40	9
7	H10xx	231	0	30	20	50	20	2
8	H10xx	232	0	35	17	52	17	1
9	H10xx	233	0	30	24	54	24	3
10	H10xx	234	0	28	28	56	28	5
11	H10xx	235	0	30	28	58	28	5
12	H10xx	236	0	30	30	60	30	6

表 4 胎位平衡表

d

优先次序	分段号	胎位周期	完工日期	胎位需求时间	胎位号
5	221	3	28	31	2
4	222	4	26	30	1
7	223	4	34	38	1
8	224	4	38	42	2
8	225	4	38	42	1
9	226	4	40	44	2
2	231	4	20	24	1
1	232	5	17	22	1
3	233	5	24	29	2
5	234	5	28	33	2
5	235	5	28	33	3
6	236	5	30	35	1

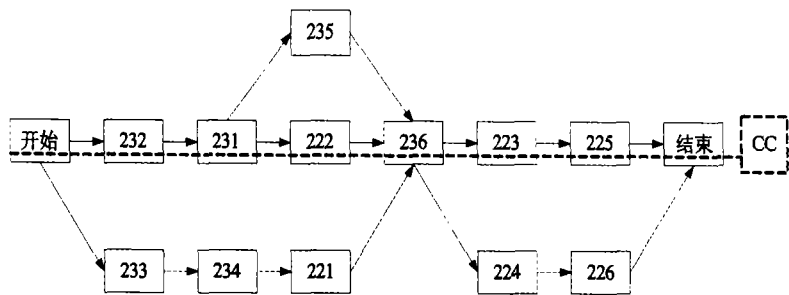


图3 部分双层底分段的关键链图

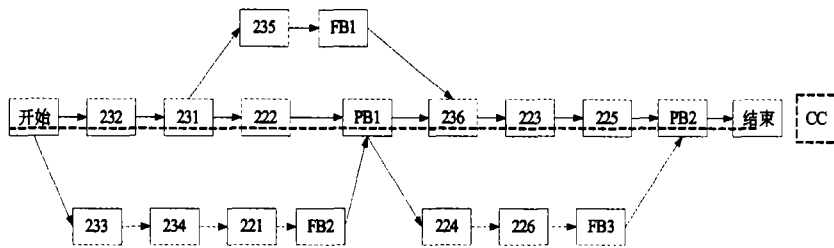


图4 缓冲插入点图

(5)确定缓冲大小。由于分段的制造有固定的流程,在缓冲期的设定办法就采取最小二乘法。根据各个双层底分段实际分段周期,运用项目干系人经验估计,各双层底分段的胎位周期如表5所示。

估计周期要考虑很多的情况,各分段建造流程的不同,导致各估计周期不尽相同。根据最小二乘法,50%的标准周期为 b_j ,估计周期为 a_j 。

表5 分段经验估计周期

分段号	221	222	223	224	225	226	231	232	233	234	235	236
标准周期	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
估计周期	4	6	6	4	5	5	7	6	6	5	6	6
b_j	1.5	2	2	2	2	2	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
a_j	4	6	6	4	5	5	7	6	6	5	6	6
$(a_j - b_j)^2$	6.25	16	16	4	9	9	25	12.25	12.25	6.25	12.25	12.25

如果工作包在CC上,则PB尺寸大小为:

$$PB = \sqrt{\sum_{j \in CC} \vartheta_j^2} \quad (1)$$

如果工作包在非CC上,则FB尺寸大小为:

$$FB = \sqrt{\sum_{j \in I} \vartheta_j^2} \quad (2)$$

$$PB1 = \sqrt{12.25 + 25 + 16} \approx 7.3d,$$

$$PB2 = \sqrt{12.25 + 16 + 9} \approx 6.1d$$

$$FB1 = \sqrt{12.25} \approx 3.5d,$$

$$FB2 = \sqrt{12.25 + 6.25 + 6.25} \approx 5d,$$

$$FB3 = \sqrt{4 + 9} \approx 3.6d$$

(6)缓冲的插入。在计算出各个缓冲的大小以后,就要将各个缓冲插入到关键链去,采用表1的各个分段以序号来表示,如图5所示。关键链上的周期为:

$$a + 2.5 + 2 + 2 + 7.3 + 2.5 + 2 + 2 + 6.1 = a + 26.4d$$

式中 a 为选择开工时间。在 a 取0的情况下,这个

关键链的周期为26.4d,比之前的31d要少4.6d,而且胎位占用情况比较平均,只是在可能6d的情况下是占用3个胎架,在可能19.1d的情况下占用2个胎架。

4.4 运用关键技术后采取的主要改进措施

(1)曲面分段预舾装的分流。以前曲面分段的周期相当长,而且不能做到舾装完整。主要是由于现有的预舾装对分段进度有相当大的影响,而且预舾装是制造部非常薄弱的环节,直接影响到分段交验状态。分段完工后在船坞进行管路施工时,因很多的管路有修改,以致大量返工造成人力物力的浪费。由总装部成立专门的预舾装作业区,负责所有机舱分段的预舾装工作,工序划分明确,矛盾也少了很多,大大提高了分段的交验率。

(2)槽型舱壁分段的工艺改进。槽型舱壁分段一直都是分段生产的瓶颈。主要是由于周期相当长,而且胎架及分段脱胎后占用的场地相当大,直接

(下转第54页)

生产进度。

4.4 将场地计划纳入系统

系统将场地计划作为其主要功能之一,采用科学的算法,利用图形的方式编制计划,为解决场地资源紧缺问题提供有力的分析工具。

4.5 提供资源的负荷测算与需求预测

除了场地资源负荷外,系统还包括劳动力资源负荷计划、物量负荷计划;采用标准的 S 曲线,对各部门各工种劳动力负荷进行测算和需求预测。

4.6 采用 BS 构架的 WEB 系统作为辅助系统应用

系统为了方便车间数据的反馈及数据查询,开发了 WEB 系统。WEB 系统能为企业领导层提供重要的决策信息。

4.7 需要改进之处

系统还有许多可以改进的地方,具体包括以下几个方面:

(1) 由于系统比较灵活,造成系统在操作过程和效率方面存在一定的缺陷。可以通过对系统中的关

键算法进行优化,同时在数据库中增加相关字段,减少读取数据时多个子表的循环读取,提高系统效率。

(2)系统虽提供丰富的业务功能,但是对部分业务的控制需要进一步加强。可以通过增加状态的设置以及流程控制功能加以改善。

(3) 系统对工时控制管理方面的处理比较弱;对于工时定额管理以及派工单的生成尚未进行有效的管理;对于工时管理主要是通过接口,利用第三方软件进行管理。

5 结 语

目前造船计划管理软件在国内造船企业应用还不多,沪东中华应用的是自行开发的计划管理软件,取得了很好的效果,并已在造船企业得到推广应用。该系统作为造船计划管理的辅助软件,解决了计划管理中的一些问题,规范计划管理,提高管理水平。当然也还存在不足之处,尚待进一步改进和完善。

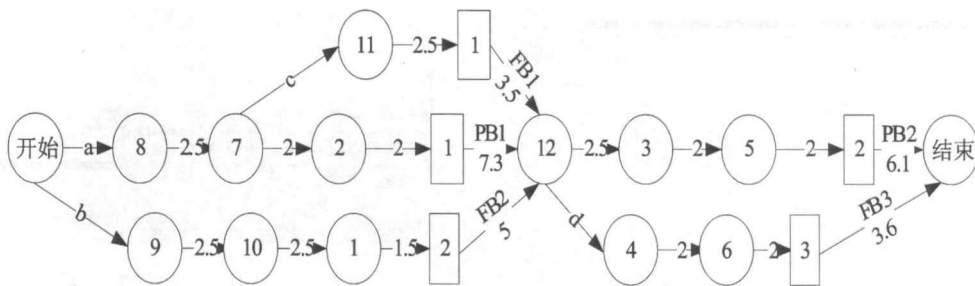


图 5 缓冲网路图

影响场地上分段的堆放。在切割中心小组立场地完工以后,采用了新的槽型舱壁工艺,分段的周期从最初的 15d 缩短到现在的 12d,这样分段的周转情况有了相当的好转,场地问题也有了相当改变,利用关键链管理后可以更加适合分段制造周期,减少分段周转量,提高场地的利用率。

(3) 艏艉分段的扩大中组。曲面艏艉分段一直都是制造部分段制造的难点, 因为曲面分段制造难度大, 而且小组立工作量较大, 中组立工作量很大, 由于场地原因, 在切割中心小组立场地安排好以后, 采取扩大中组立的新的工艺流程。

(4)定置管理的推进。制造部将各类分段相对

固定在一个地方制造,对各劳务工的人员及胎位进行定置管理,从而提高了设备的利用率,在现有的人员基础上提高了分段的产量。

5 结 语

分段制造计划的管理问题在利用了关键链方法以后,瓶颈资源得到了充分的利用,对提高现阶段分段的产量有着直接的影响,并且可以发现以后需要改进的瓶颈资源以及不合理的工艺方法。其他方面,如分段涂装、分段坞内搭载、船舶下水调试等许多方面都有瓶颈资源,均可采用关键链的方法进行管理,不但可以缩短工期,而且还可以充分利用好瓶颈资源。